

LA CONTAMINACION Y EL CLIMA DE MADRID

Lorenzo García de Pedraza
Meteorólogo

El título de esta Conferencia resulta muy ambicioso. Hablaré de la influencia que en la Contaminación de Madrid tiene el *tiempo atmosférico*; pero estaré limitado por imperativos del *tiempo cronométrico*.

Y ya de inmediato, antes de seguir adelante, voy a precisar los conceptos de tiempo y clima, que suelen confundirse bastante entre las gentes y los medios de información.

Tiempo atmosférico es el asociado a la llegada o permanencia de las masas de aire troposférico a una determinada región. Tiene carácter transitorio y se *observa aquí y ahora*, de manera casi instantánea con los aparatos adecuados: barómetro, termómetro, veleta, higrómetro... Va referido a periodos cortos: minutos, horas, días.

Clima es el resumen de un historial de los tiempos para un área o lugar. Se realiza analizando largas series de observación, *calculando* mediante estadísticas los valores medios, desviaciones y frecuencias de los parámetros meteorológicos. Se refiere a periodos muy largos; treinta años, un siglo, e incluso millares de siglos (paleoclimatología)

El tiempo atmosférico puede presentar desviaciones muy apreciables con respecto a la «normalidad» del clima para una determinada época o estación.

En español tenemos una misma palabra: *Tiempo* para expresar dos acepciones distintas, el *tiempo cronométrico* (medido con el reloj y el calenda-

rio) y el *tiempo atmosférico* (que pudiéramos llamar *temperie*). En ocasiones, huyendo de la palabra tiempo se cae en la palabra clima, y oímos con frecuencia frases tan absurdas y pintorescas como ésta: «El clima de hoy en el estadio se presenta nublado y lluvioso.» En todo caso se referiría al tiempo meteorológico (no metereológico) actual. Hablar de clima implicaría resumen de muchos años y no el *tiempo vivo* y actual que se está observando.

Con el tiempo presente (real) y el previsto (inducido) se pueden realizar tácticas de ejecución inmediata. Por ejemplo dar avisos de emergencia para tomar medidas contra la contaminación.

Con el clima se podrían planificar programas de protección a largo plazo, utilizando estrategias futuras para reducir la contaminación y fijar los calendarios estacionales de situaciones adversas (nieblas, inversiones,).

1) GENERALIDADES

Contaminación

Las consecuencias asociadas a la suciedad del aire son muy amplias y complicadas. El aire de la gran ciudad se presenta de día en día más sucio, polucionado o contaminado. Los agentes perturbadores crecen progresivamente en número y concentración. Esas partículas se miden en partes por millón (ppm). Por ejemplo 100,2 microgramos por m³ equivalen a 0,0342 ppm). El problema que hoy es preocupante, puede ser gra-

ve en el futuro si no se toman medidas para controlarlo y reducirlo. Valores de 0,45 a 0,57 pmm, durante 3 a 5 horas y 25 % del área urbana implican índices de alarma.

El *aire puro* no existe en realidad, absolutamente hablando. Lleva partículas incorporadas de polvo, gases, vapor de agua... Si está seco el enturbiamiento se deberá a calimas y humos; si está saturado aparecerán nubes o nieblas.

El *aire campesino*, fuera ya de los suburbios de la gran ciudad y en campo abierto, tiene menos suciedad de óxidos de carbono, nitrógeno o azufre; en cambio puede tener más partículas de arena o polvo (levantadas por tolvaneras) y en primavera puede contener cantidades importantes de polen (hasta 300 gr por m³ de aire) que determinan alergias y fiebre de heno. Ahora, el «aire subdesarrollado» de algunas alejadas zonas rurales empieza a gozar de buena prensa. Se habla con elogio de lo bien que se respira en Las Batuecas, Las Hurdes o El Bierzo... y del aire puro y transparente del Pirineo, de Gredos, de los Picos de Europa...

Los aerosoles, sólidos y líquidos (polvo y nubes) actúan como filtros para la radiación solar. Las calimas, neblinas, brumas, actúan como coloides incorporados al aire, y se presentan estados críticos que enfrentan la morfología y la energética en sus manifestaciones y evolución.

Al quemar combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas natural...) se producen cuerpos granulados, ácidos, polvos metálicos, óxido de nitrógeno, monóxido de carbono, plomo, restos orgánicos... Los ciudadanos contribuyen, en parte, a la contaminación de su propio aire: transporte por automóvil, encendido de calefacciones, etc.

El aire húmedo y contaminado corroe los monumentos y edificios; también afecta a la vegetación de parques y jardines.

En lugares cerrados: bibliotecas, museos, archivos... también puede presentarse algo de contaminación ambiental; ello requiere controlar la

temperatura y humedad de interiores. Es curioso que en grandes locales: almacenes, cines, polideportivos... sólo se atiende a la temperatura (calefacción-refrigeración) sin tener presente el grado de humedad y la ventilación.

Otro mal ejemplo lo constituyen los altos edificios aislados y cerrados, como altos cubos y cajas de hierro, cemento y ladrillo, acristalados, sin ventilación y con suelo de moqueta. Son recintos infernales, sin ventilación alguna y con alta ionización positiva y electricidad estática donde quedan «enjaulados» muchos ejecutivos y funcionarios. Es un ambiente antinatural, rodeado de un contorno mineralizado de asfalto y cemento en las calles, por donde discurren, con ruido infernal, el contaminante tráfico. ¿Qué habrá que esperar para el año 2050?

Papel de la Meteorología

La importancia de los elementos meteorológicos y de las situaciones típicas de la atmósfera influyen de forma decisiva en el transporte y difusión de la contaminación del aire, particularmente en las fases de emisión y sedimentación.

En ocasiones, un «*barrido* del viento» o un «*fregado* de la lluvia» quitan la contaminación de la ciudad, porque la arrastra hacia otro lugar o la lava y la echa al suelo, llevándosela luego en corrientes de agua por el alcantarillado, hacia el río.

Es interesante decir que el aire, a ras del suelo, se recarga por abajo de:

1) Polvo, hollín, impurezas ... que pueden actuar en atmósfera húmeda como núcleos de condensación, sirviendo de soporte a las gotitas minúsculas que forman nubes y nieblas.

2) El vapor de agua se incorpora por abajo en cantidad muy variable, según sea la temperatura. Procede de la evaporación y evapotranspiración de cuerpos de agua y vegetación; en menor grado de la respiración de hombres y animales. Cuando alcanza la saturación el vapor que se

condensa en agua líquida o se sublima directamente a hielo (niebla, rocío, escarcha)

3) El aire se calienta por abajo por efecto de la radiación calorífica (infrarroja de onda larga) que actúa como *calor sensible* y también como *calor latente* (asociado a los cambios de estado de la sustancia agua)

— Recordemos también que cuanto más cálido está el aire mayor cantidad de vapor de agua puede retener incorporado en su seno.

— Además el aire seco y frío es más denso que el aire cálido y húmedo. El aire frío y denso se agarra al suelo; mientras que el aire cálido es más móvil e inquieto.

— El aire húmedo pesa menos que el aire seco.

Con aire estable y quieto, la atmósfera puede presentarse más caliente arriba que a ras del suelo. Debajo de esta «inversión» de temperatura pueden acumularse partículas y contaminantes y si hay humedad, aparecen peligrosas nieblas. El SMOG de los ingleses, palabra compuesta por el apócope de SMOKE (humo) y FOG (niebla). En español podría ser la palabra BRUMO, compuesta por BRUMA y HUMO, según propuso el Meteorólogo López Cayetano, J.

En condiciones estables, las plumas o penachos de humo procedentes de chimenea cuya altura es inferior a la inversión, se extienden lentamente según la horizontal y puede ser rebocado hasta el suelo, concentrando la contaminación, al anularse los intercambios verticales del aire.

En situaciones de anticiclón con cielo despejado, viento encalmado y enfriamiento del suelo por irradiación nocturna, la *inversión* aparece muy próxima al suelo. Si el aire está seco surge la helada, si está húmedo el rocío y si está saturado la niebla; de esos caracteres meteorológicos participan los contaminantes.

Cuando el aire es inestable (tiro vertical) o hay viento turbulento (remolinos junto al suelo) los contaminantes son disparados hacia arriba o bien agitados y revueltos. En tales circunstancias disminuye notablemente la contaminación local, ya que los elementos contaminantes son trasladados por el viento fuera del área.

En los anticiclones subtropicales el aire cálido descende, se comprime y se calienta dando lugar a una inversión de *subsistencia*, que aparece relativamente alta (a unos 3 km en la vertical) que actúa como freno a los movimientos verticales convectivos. En un mismo anticiclón pueden aparecer los dos tipos de inversión: de *radiación* (próxima al suelo) y de *subsistencia* (en niveles altos).

Como conclusión, bien podríamos establecer el siguiente aforismo:

«El anticiclón favorece la inversión y estimula a la contaminación»

Predicción y climatología de la contaminación

La calidad del aire ambiente precisa en ocasiones reducir sensiblemente la inmisión de contaminantes; ello puede exigir un freno pasajero de la actividad de las industrias y del tráfico en la gran ciudad.

La *predicción* exige del meteorólogo un avance de las condiciones atmosféricas de 24 a 48 horas. Tendrá que analizar el flujo horizontal de viento y las inversiones. También «el espesor de la capa de mezcla o intercambio» próxima al suelo. Si existe viento, su dirección indicará hacia dónde serán arrastrados los contaminantes. Si hay anticiclón persistente se agravarían las condiciones de contaminación. El tipo de las masas de aire: polar seco y frío; subtropical templado y húmedo... le ayudarán también a obtener un índice empírico de contaminación potencial. En época de emergencia el meteorólogo tendrá gran cuidado de *alertar sin alarmar*. Un aviso prematuro o sensacionalista podría crear psicosis de mie-

do sobre la población y perturbación económica en las empresas y en el tráfico.

La *climatología* puede guiar en la planificación: altura de chimeneas (según datos de altura de inversión) emplazamiento de fábricas, distribución de cinturones industriales, zonas piloto previas, etc. En ocasiones los vientos más frecuentes no son los más intensos.

Como las fuentes de contaminación de las zonas urbanas se encuentran a alturas muy variadas desde el suelo —automóviles—. Hasta varias decenas de metros —chimeneas— es esencial un buen conocimiento de la estructura tridimensional de las corrientes aéreas y de la altura de las inversiones de radiación. También es muy importante tener un «calendario» climático de los valores y frecuencias más normales de parámetros climáticos favorables o adversos para la contaminación. La determinación de «modelos matemáticos» de contaminación en la atmósfera irá muy ligada al conocimiento de parámetros climáticos locales; velocidad media del viento —insolación— días nublados, despejados y cubiertos —temperatura media— frecuencia de nieblas—días de lluvia y cantidad e intensidad de la misma —rosa climática de vientos con intervalos de velocidad— etc.

El saber las *concentraciones* reales de contaminantes es difícil y lento. El máximo de mezcla por la mañana corresponde a la hora de encendido de calefacciones, aumento de tráfico y demás procesos que hacen crecer los contaminantes en la ciudad; en cambio, por la tarde, en el máximo de mezcla vespertino, se ha reducido mucho el encendido de industrias y disminuye el tráfico automóvil. Así, pues, son de gran importancia el conocer la variación diurna y estacional de varios elementos meteorológicos: viento, humedad, temperatura, etc.

La obtención en bajos niveles de temperatura, humedad, presión y viento se consiguen actualmente con minisondeos locales hechos con *radiosondas* y *SODAR*.

El grado de intensidad de la turbulencia es muy variado: oscila entre la de un día de aire en calma y la asociada al paso de tormentas y líneas de turbonada y fuertes vientos. Puede provenir de dos causas: los remolinos y corrientes en el seno del aire y aquella forzada por la presencia de obstáculos (árboles, edificios...) sobre los que fluye el viento. Ya sabemos que el viento nunca fluye en régimen laminar, sino que su velocidad fluctúa en secuencias irregulares de rachas y calmas.

El tiempo atmosférico es voluble en cada momento, en cada día, y en las capas bajas de la atmósfera es el responsable del trasiego favorable o desfavorable para disminuir o aumentar las concentraciones de partículas y gases contaminantes.

La ciudad aparece como un «islote térmico» con relación a los suburbios y el campo que la rodean, con diferencias de 3° a 5° grados por la noche (más cálida) y 2° a 3° (más fría) durante el día. Con acusadas diferencias estacionales entre verano e invierno.

En verano existe otra contaminación, la de los olores desagradables, especialmente en bocas de alcantarillas, en riberas del río Manzanares y cerca del mercado de carne, pescado, frutas y verdura. Las moscas y mosquitos están casi erradicados con los insecticidas.

Una gran ciudad se fabrica ella misma su propio clima. Produce unas 30 cal/cm²/día por combustión y recibe 52 cal/cm²/día en diciembre y 518 cal/cm²/día en junio. Valga como ejemplo.

La estructura de la capa ambiental de una ciudad es muy distinta, en general, de la observada en las comarcas rurales vecinas. El Cuadro I expresan los contrastes campo-ciudad y la estratificación con cielos despejados:

En las ciudades la contaminación procedente de millares de focos situados al nivel del suelo se distribuye en una delgada capa de mezcla, extendiéndose luego hacia arriba.

CUADRO I
CIUDAD

CAMPO PROXIMO

Temperatura del aire	-2° a -5° invierno 30° a 42° verano	-8° a +7° 28° a 36°
Humedad relativa	95 % (nieblas) invierno 45 % (humos) verano	70 % (brumas) 30 % (calima)
Tipo de inversión	Radiación junto al suelo	Subsidencia y/o radiación
Visibilidad reducida	50 m a 500 m	1 Km a 6 Km
Meses de mayor frecuencia	Noviembre-Enero (nieblas)	Abril a junio (alergia pólenes)
Aire superior	Frío	Más templado
Contaminantes	NO, CO ₂ , SH ₂ resíduos petróleo y hulla	Partículas, polvo y polen
Efectos sobre la salud	Tos, bronquitis, enfisemas (invierno)	Alegias, estornudos, asma, fiebre heno (verano)

Las corrientes verticales sobre la ciudad son más intensas que sobre la campiña. La radiación de calor y la mayor rugosidad superficial de la ciudad produce una mezcla vertical; aun en el momento en que ésta es nula sobre los campos vecinos.

La alta temperatura y baja humedad relativa, juntamente con la contaminación, afecta a los árboles de la ciudad. Especies arbóreas que en la ciudad viven 60 años en el campo viven de 100 a 150 años. El *Departamento de Parques, Espacios Naturales y Ecología del Ayuntamiento de Madrid* (antes Parques y Jardines) sabe mucho de ésto. La «pumila» y los «plátanos orientales» son especies muy corrientes, en Madrid, sometidas al *estrés* contaminante.

Al árbol se le martiriza por abajo (raíces) con las condiciones subterráneas (alcantarillado, aparcamientos...). Por el tronco, con reducidos alcorques. Por el tallo y hojas con los humos y partículas contaminantes.

Aun así, los parques interiores y periféricos de Madrid: Dehesa de la Villa, Moncloa, Rosales, Parque del Moro, El Retiro... son siempre auténticos *oasis* frente a los espacios de cemento y asfalto.

II) Impacto en Madrid

Situación geográfica de Madrid-Ciudad

La posición geográfica de Madrid, a sotavento de las cordilleras de Guadarrama y Somosierra, le resguarda de la influencia directa de los vientos de componente Norte que entran en la Península por el litoral Cantábrico y Galicia. Ver Fig 1.^a.

Los vientos del W y SW, de origen atlántico (templados y húmedos) entran por el flanco portugués y tienen fácil acceso por la cuenca el río Tajo. A ellos suelen venir asociados temporales de lluvia.



Figura 1.—Trayectorias de los diversos flujos de viento que pueden alcanzar Madrid.

- Frío de N y NW (origen polar)
- Templadas y húmedas de W y SW (origen subtropical)
- Cálido del SE y E (origen mediterráneo)

Los vientos del NE, que en ocasiones son secos y fríos, procedentes de Centroeuropa, suelen venir transferidos por las cuencas de los ríos Jarama-Henares-Tajuña. En ocasiones traen «olas de frío».

Los vientos del SE, de origen mediterráneo, entran por el portillo Almansa-Albacete y cruzan La Mancha hasta alcanzar la región. En verano pueden determinar tormentas.

Los vientos del Sur, cálidos y resecos, proceden en ocasiones del Norte de Africa y zona del Sahara, traen polvo de arena en suspensión, dando lugar a «olas de calor».

A efectos de llegada de masas de aire a la comarca de Madrid son dignas de resaltar las transferencias entre las cuencas de algunos ríos. Tal es el caso de:

—Jalón (Ebro) \rightleftharpoons Henares (Tajo) Entre Sierra de Ayllón y sistema Ibérico.

—Adaja (Duero) \rightleftharpoons Alberche (Tajo) Entre sierras de Gredos y Guadarrama

—Riaza (Duero) \rightleftharpoons Jarama (Tajo). Entre Somosierra y Guadarrama.

Cuando hay una situación de vientos del N y NW la Cordillera Central estanca y amontona las nubes en su cara septentrional; mientras que a sotavento los cielos están despejados con intenso color azul, presentando algunas veces nubes lenticulares (en forma de lente o lenteja) que delatan la ondulatoria del viento a ese nivel.

Cuando la situación es de SW o de SE, el estancamiento de nubes tiene lugar en la vertiente meridional de las Sierras de Guadarrama y Gredos, apareciendo los cielos despejados en la cuenca del Duero; mientras hay temporal de lluvia en el área de Madrid.

Estas circunstancias se comprueban en ambas salidas del túnel de Guadarrama; cuando en invierno y otoño se viaja desde Madrid a la meseta

Norte están las nubes amontonadas en la ladera Norte de la Sierra, cuando hay estancamiento con flujo del N y NW. Cuando se viene desde Castilla la Vieja hacia Madrid, están las nubes amontonadas en la ladera Sur de Guadarrama si existe estancamiento de flujos del SW o del SE. No es muy frecuente que ambas bocas del túnel estén cubiertas por nubes. Por supuesto, hay largas temporadas, con tiempo anticiclónico en que ambas bocas están despejadas así como las dos Castillas, la Vieja, (la del Cid) y la Nueva (la de Don Quijote).

Temperaturas

Dada la gran extensión de la Ciudad y la diversa altitud y orientación de los edificios en sus barrios, la temperatura del aire representa un variado muestrario con marcada diferencia de oscilación diaria (día-noche) y contrastes de carácter anual (estaciones del año).

La curva de temperatura media mensual, prolongando otra vez los meses invernales, toma la forma de una curva de tercer grado—una cúbica—Ver Fig. 2).

El *máximo* corresponde —obviamente— al verano; el *mínimo* al invierno; en sus *puntos de inflexión* están los «entretiempos»: primavera, en su rama ascendente y otoño, en su rama descendente.

En *verano*, tiempo de calima y polvo seco, las corrientes ascendentes crean un fuerte tiro vertical que empuja la contaminación hacia arriba. La ciudad se caldea como un horno, más en el centro que en la periferia. Cerca de los parques el refrescamiento es sensible debido al efecto brisa por la noche. Sólo el viento del Norte o las tormentas suponen un alivio pasajero.

En *invierno* es tiempo de nieblas o heladas. Predominan las corrientes descendentes, lo cual favorece la contaminación, pegando el humo y polvo a ras del suelo. La ciudad se enfría más en los bordes que en el centro. Predominan las nieblas cerca del río Manzanares (Estación del Nor-

Marcha de la temperatura media del aire en Madrid a lo largo del Año. (Período 1901-80.)

FUENTE: Sección de Climatología del Servicio Meteorológico Nacional.

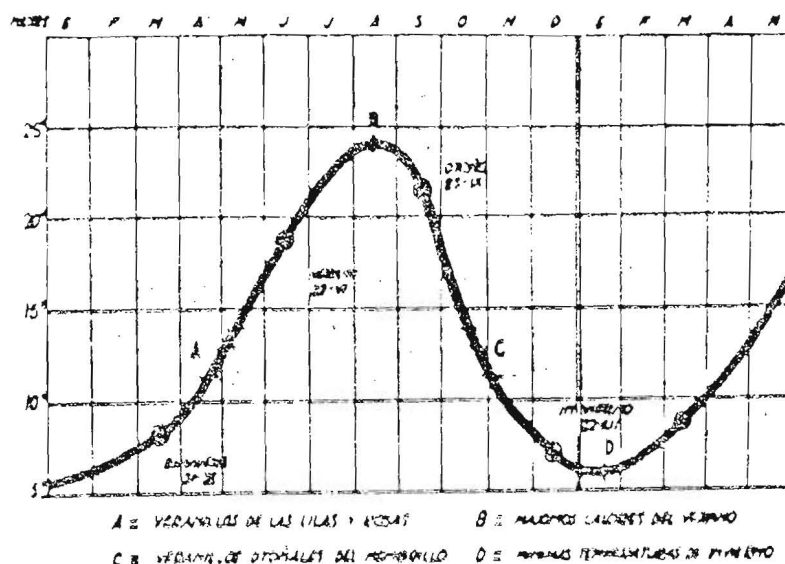


Figura 2.—Marcha de la temperatura media del año en Madrid

Máximo: Verano (julio-agosto)

Mínimo: Invierno (diciembre-enero)

Inflexión, rama ascendente: Primavera (abril-mayo)

Inflexión, rama descendente: otoño (septiembre-Octubre)

te) y las heladas en la zona alta de Cuatro Caminos y de Plaza de Castilla (Estación de Atocha). Los estadios de fútbol del Madrid y del Atlético que están en Chamartín y Manzanares los reflejan bien.

En *Primavera* el ascenso térmico viene graduado: hacia mediados de abril tenemos el «veranillo» de las lilas, el cuco y las golondrinas (Semana Santa) y hacia mediados de mayo el «veranillo» de las rosas, amapolas y del ruiseñor (feria taurina de San Isidro) con puntuales tormentas. En esta época es una pesadilla la contaminación por pólenes (alergia y estornudos). La salvedad «si el tiempo no lo impide», toma actualidad con las tormentas en las corridas de toros.

En *Otoño* el descenso térmico es muy suave y se tiene el mejor tiempo en Madrid —«mañana de niebla y tarde de paseo». Son dignos de destacar el «veranillo de los Arcángeles» a finales de septiembre, el de las rosas otoñales, a mediados

de octubre, y por último el de San Martín (11 de noviembre) ique dura tres días y fin! En la tercera decena de noviembre entra indefectiblemente el frío en Madrid. Son heraldos precursores de las bajas temperaturas las bandadas de palomas torcaces; también de grullas y gansos (que vuelan en formaciones en V) y vienen huyendo de las nieves y hielos de Europa Central; siendo bien visibles desde El Pardo y Casa de Campo cuando cruzan hacia las dehesas de Extremadura.

En las series cronológicas de Madrid, los periodos más fríos van de diciembre a febrero. Las mínimas más destacadas fueron $-12^{\circ} 5$ (1890), $-11^{\circ} 9$ (1885), -10° (1945), -9° (1956).

Los periodos más cálidos van de junio a septiembre. Máximas muy destacadas fueron: 38° en junio de 1931 y 1982; 40° en julio de 1980 y 1988; 39° en agosto de 1933 y 1957.

Sin discusión, la mejor estación del año en Madrid es el otoño, con brumas matinales, seguidas de días soleados y temperaturas suaves, con «veranillos» interpuestos a temporales de lluvia.

También queremos indicar que una cosa son las *temperaturas sentidas* por el cuerpo humano y otras las *leídas* en los termómetros. Con tiempo seco y frío, yendo bien abrigado, se nota menos frío que con viento racheado o nieblas. Pongamos como ejemplo que -2°C (calma y helada), serían unos $-2^{\circ} \times 2 = -4^{\circ}$ (con ráfagas de viento) y llegarían a unos $-2^{\circ} \times 3 = -6^{\circ}$ (con espesa niebla). Existen cuadros y ábacos con las sensaciones térmicas en función de la humedad, temperatura y viento; ellas son de gran importancia para planificar las necesidades de calefacción-refrigeración. ¡Qué lejos me parecen aquellos tiempos!, cuando el calor estival se combatía con abanico y botijo y el frío invernal con la mesa camilla y su brasero además del tazón de café con leche.

Condicionado a la temperatura ambiental están algunos *umbrales*: con mínimas de 22° aparece el *umbral del insomnio*; con máximas de 38° hay fiebre en el ambiente: si el aire está húmedo, tenemos *bochorno*, y si está muy seco, tiempo *caliginoso*. Todos estos condicionantes térmicos tienen su correspondiente respuesta en la contaminación, especialmente cuando existe una «tapadera» de inversión térmica en bajos niveles.

Una advertencia: los *termómetros callejeros*, son *embusteros*, ya que la posición del sensor y su orientación pueden registrar la temperatura *que no es*. En vez de dar la temperatura del aire dan la del metal, asfalto o cemento... De ahí esas máximas de verano de 44° y esas mínimas de invierno de -12° , que sirven para que los ciudadanos presuman de los *récords térmicos* de su ciudad en plan morbo. Un ejemplo de ello lo tenemos en dos termómetros instalados casi enfrente el uno del otro: el del Círculo de Bellas Artes, en c/ Alcalá, y el situado en el chaflán del edificio de Gran Vía, sus lecturas simultáneas difieren corrientemente en más de tres grados; pues mientras que uno está al sol el otro se halla en la sombra, y recíprocamente, en el transcurso del día.

Como *notarios* reales del tiempo en la calle tenemos los observatorios instalados por el Ayuntamiento en las *estaciones de control de contaminación*; Plaza de Castilla, Plaza de España, Plaza del Progreso, Plaza de Roma... dan valores muy extremados, pero reales, de lo que allí pasa. Fig. 3.

El Catedrático de la *Universidad Autónoma*, Dr. Antonio López Gómez, y su equipo, han realizado observaciones de temperatura, humedad y diafanidad del aire en la Ciudad, siguiendo varios itinerarios de Norte-Sur (Alcobendas - Getafe) y de Este-Oeste (Ventas - Moncloa), efectuando las mediciones siempre en puntos fijos, con situaciones atmosféricas distintas y en diversos periodos del día o de la noche. Han llegado a conclusiones muy interesantes en cuanto a la «isla de calor» de la gran ciudad y a los «microclimas» asociados a los parques (El Retiro, Moncloa,...)

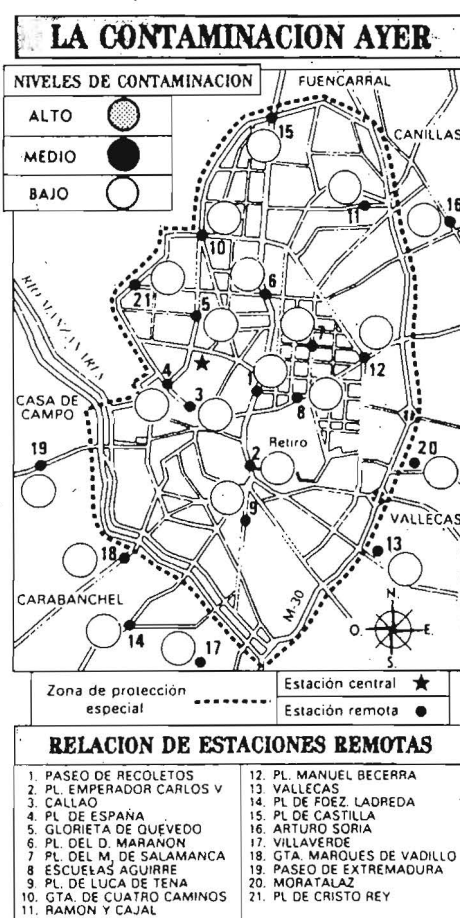


Fig 3. Esquema del plano de Madrid con las 21 estaciones de control de contaminación del Departamento de Ecología del Ayuntamiento (Diario ABC- Día 30 enero de 1990)

El Instituto Nacional de Meteorología tiene los observatorios de más garantía en el centro y en el entorno de Madrid: Retiro - Ciudad Universitaria - Cuatro Vientos - Barajas - Torrejón - Getafe... particularmente en aeropuertos y aeródromos militares. También en algunas estaciones termopluviométricas instaladas en organismos colaboradores: Escuela de Viticultura de la Casa de Campo, Investigaciones Agronómicas y Escuela de Veterinaria en Puerta de Hierro, etc.

Precipitaciones atmosféricas

La lluvia continua y los chubascos intermitentes tienen gran importancia en la limpieza del aire contaminado, por ello son esperados como una ayuda providencial después de un largo periodo anticiclónico con tiempo estable y encalmado.

Las lluvias suelen tener carácter estacional en Madrid, según sus tipos y duración:

— Temporales de Otoño-Invierno (Septiembre-Diciembre)

— Chaparrones y chubascos de Primavera (Abril-Mayo)

— Tormentas aisladas de verano (Junio-Septiembre)

Los periodos secos están también claramente delimitados:

— Sequía invernal (fría) con sus ciclos de heladas o nieblas (diciembre-enero).

— Sequía estival (cálida) con sus periodos de calinas, golpes de calor y cortos periodos tormentosos (junio a septiembre).

Es siempre interesante el carácter que tuvo la estación precedente:

Si el otoño fue lluvioso el invierno puede ser de muchas nieblas; si la primavera fue húmeda, en el verano pueden presentarse bastantes tor-

mentas. Los años de larga sequía son muy extremos al frío y al calor pues falta el vapor de agua en el aire, que es un excelente «moderador térmico».

Los temporales típicos de lluvia en Madrid vienen asociados a los vientos templados y húmedos del Atlántico, los *ábregos* o llovedores del W y SW. Suelen traer lluvias de dos a tres días consecutivos asociadas al paso de los frentes nubosos de la borrasca: escudo amplio de lluvias del frente cálido y corto régimen de aguaceros del frente frío. La fecha media es del 15 de octubre al 15 de noviembre; pueden adelantarse a septiembre o retrasarse a noviembre.

Cuando después de un largo periodo de frío y heladas, con aire gélido junto al suelo, llega por encima aire templado y húmedo del SW suelen darse *nevadas*, los copos procedentes de la nube, al atravesar aire frío llegan como cristales de nieve al suelo.

Las nevadas constituyen una adversidad para la ciudad. El Ayuntamiento almacena cientos de toneladas de sal para fundir la nieve de calles y aceras, con objeto de facilitar el tráfico de vehículos y peatones.

La mayor cantidad de lluvia continua, asociada a un temporal, recogida en Madrid, viene a ser de unos 35 a 40 litros/metro cuadrado en un periodo de 18 a 24 horas.

Los intensos aguaceros tormentosos pueden dar precipitaciones de hasta 30 litros/metro cuadrado en intervalos de tiempo inferiores a una hora.

En el calendario de las precipitaciones, éstas tienen un marcado carácter estacional: son típicos los temporales de otoño-invierno, los chaparrones de primavera y los aguaceros tormentosos de verano. Existen periodos secos intercalados: el invernal (con nieblas o heladas) y el estival (con calimas o tormentas).

Los temporales de otoño suelen presentarse entre septiembre y diciembre; siendo la época más normal abril-mayo para chaparrones de primavera.

Los chubascos tormentosos de verano son ciclos aislados y cortos (1 a 3 días) en los meses de junio a septiembre.

Son meses de bastante lluvia en Madrid; octubre, noviembre, diciembre en Otoño-Invierno y marzo, abril, mayo en Primavera.

Los meses secos y calurosos van de 15 de junio al 15 de septiembre; precedidos y cerrados por actividad tormentosa con aguaceros y/o granizadas.

La cantidad anual de lluvia en Madrid-Retiro, en un largo periodo de tiempo de 1854 a 1989 (es decir 135 años de observación ininterrumpida) es del orden de 444 mm. Bastante escasa, con valores máximos de 680 mm (1888, 1895, 1936, 1964) y valores mínimos de 270 mm (1868, 1891, 1918, 1949, 1982).

Es notable destacar que las grandes lluvias de 1888 dieron inspiración para la zarzuela el «Año pasado por agua», con su célebre dúo de los paraguas. En aquella época la luz eléctrica sustituía al gas, en el alumbrado de los edificios en Madrid.

Se dice que la sequía de 1868 trajo consigo motines, hambre y el destronamiento de Isabel II, con el levantamiento del General Prim.

Desde 1944 existen observaciones meteorológicas en el aeropuerto de Madrid-Barajas. Comparando las observaciones de precipitación para Madrid-Retiro y Barajas en el periodo común

1944-1988 se observan los valores siguientes. Ver Cuadro II.

Nieblas.- Las Nieblas de irradiación, por enfriamiento del suelo, son frecuentes en la zona de Madrid. Especialmente en el trimestre noviembre-diciembre-enero. Dictamina el Refradero:

«San Martino (11 de noviembre) a las nieblas abre el camino».

«San Antón (17 de enero) barre las nieblas a un rincón».

Madrid-Retiro resulta más cálido y con más nieblas de irradiación que Barajas. En Barajas hay más heladas y es más extremoso al frío y al calor.

En Madrid, la mayor contaminación corre a cargo de las chimeneas de calefacción y los tubos de escape de los automóviles. En Barajas la contaminación va asociada a los aterrizajes y despegues de los aviones en las pistas y a los humos procedentes de industrias próximas.

En ocasiones, el gran núcleo urbano de Madrid aparece, visto desde la Casa de Campo o desde Getafe, bajo un imponente hongo de sucio humo debajo del techo de la inversión térmica. Los castizos dicen que Madrid se pone «boina negra».

En Primavera, en una misma fecha, puede haber enfriamiento nocturno, con niebla por la mañana, y caldeo diurno, con corriente vertical y nubes del tipo cúmulo al mediodía. Una sucia y contaminada niebla mañanera puede ser el origen de una oscura nube al mediodía, de la que se desprende un chubasco con gotas negras, al atardecer.

CUADRO II

	Precipitación	Días lluvia	Días niebla	Días helada	Temp. media	Temp. máx-ab	Temp. mín.-ab
Madrid-Retiro	436 mm	102	36	28	13°8	39°	-10°
Barajas	463 mm	98	24	47	14°5	41°	-15°

Presión atmosférica

Ya hemos indicado que los potentes y persistentes anticiclones con su tapadera de *inversión* favorecen la contaminación cerca del suelo.

Queremos insistir (para los aficionados) que utilizando sólo el barómetro para predecir el tiempo pueden llevarse grandes sorpresas. Los rútu-los del dial del aparato: buen tiempo, despejado (presión alta) y nuboso, tormenta (presión baja) están referidos a la presión normal al nivel del mar (760 mm). Pero en Madrid, a 680 metros de altitud, la presión de referencia es de 704 mm y a ella habría que reglar el barómetro. Además, con el barómetro indicando altas presiones puede ocurrir que:

1.º) En bajos niveles haya temperatura y humedad adecuadas para conseguir la condensación. Si el aire está sucio, se formarán nieblas contaminadas, tanto más espesas y persisten es cuanto más acusada sea la inversión y el contenido de partículas e impurezas. Y más alta sea la presión atmosférica del anticiclón.

2.º) Puede haber sobre el punto de observación aire templado y húmedo a ras del suelo, y un embolsamiento de aire frío y denso arriba, a niveles de 5.000 metros. El barómetro indica buen tiempo, pues el aire frío pesa y da presión muy alta. Sin embargo, la columna vertical de la atmósfera tiene la cabeza pesada y los pies ligeros. Ello dará lugar a una subversión con marcada inestabilidad y fuertes aguaceros, como es el caso de la tan cacareada «gota fría».

Total, que el *barómetro casero es embustero*; se precisan otras observaciones simultáneas de humedad, temperatura, tipo de nubes, viento, etc.

Viento

El viento tiene una gran importancia para los estudios de contaminación, pues es fundamental para la ventilación de la ciudad. La calma, ausencia de viento y tiempo estable, favorece la

concentración de partículas, hollín y humo a ras del suelo.

En la Fig. 4 se representa la rosa anual de dirección y velocidad del viento en Madrid-Barajas, más representativa por estar libre de obstáculos.

Podemos considerar al viento en dos aspectos:

a) Como agente dispersor de la contaminación a ras del suelo y de los penachos de humo procedentes de las chimeneas. Ello va asociado a su velocidad, a sus ráfagas y a su turbulencia, en remolinos y embudos forzados por las calles.

b) Como indicador de las direcciones de vientos que «traen la lluvia» a la Ciudad (vientos húmedos y llovedores) o aquéllos que indican sequía (vientos terrales secos, fríos o cálidos, según circunstancias). En Madrid los vientos que aportan más lluvias y tormenta son los del SW (ábregos) y con menos posibilidad los SE (de origen mediterráneo).

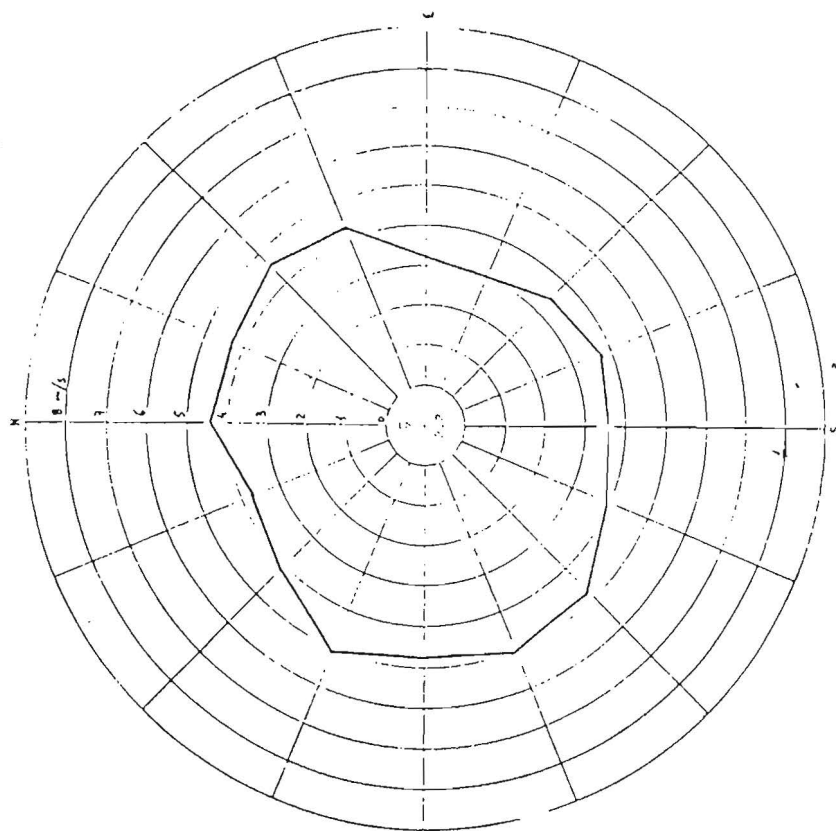
El régimen diurno de brisas suele ser según los rumbos SW y NE. Los vientos del Norte barren los contaminantes de la ciudad a lo largo de cuenca del Manzanares, Paseo de la Castellana y tramo de la M-30 (antiguo Arroyo del Abroñigal) hacia las zonas bajas de Atocha y Vallecas.

Los altos edificios de la ciudad suelen influir en las corrientes de viento, creando torbellinos a sotavento. Así, por ejemplo, los vientos de componente Norte dan torbellinos en la Red de San Luis y Montera. También los Norte, influenciados por la Torre de Madrid y el Edificio España, provocan fuertes ráfagas en la confluencia de la calle de la Princesa con la Plaza de España.

La «rosa climatológica» de vientos para Madrid aparece deformada en el sentido N-NE y W-SE, con gran frecuencia de calmas. En fin, la difusión de las impurezas está ampliamente gobernada por el campo de vientos tanto en la horizontal (flujos) como en la vertical (corrientes ascendentes y descendentes).

MADRID-BARAJAS

REOSA ANUAL DE VELOCIDADES, METEROS



MADRID-BARAJAS

REOSA ANUAL DE VIENTOS

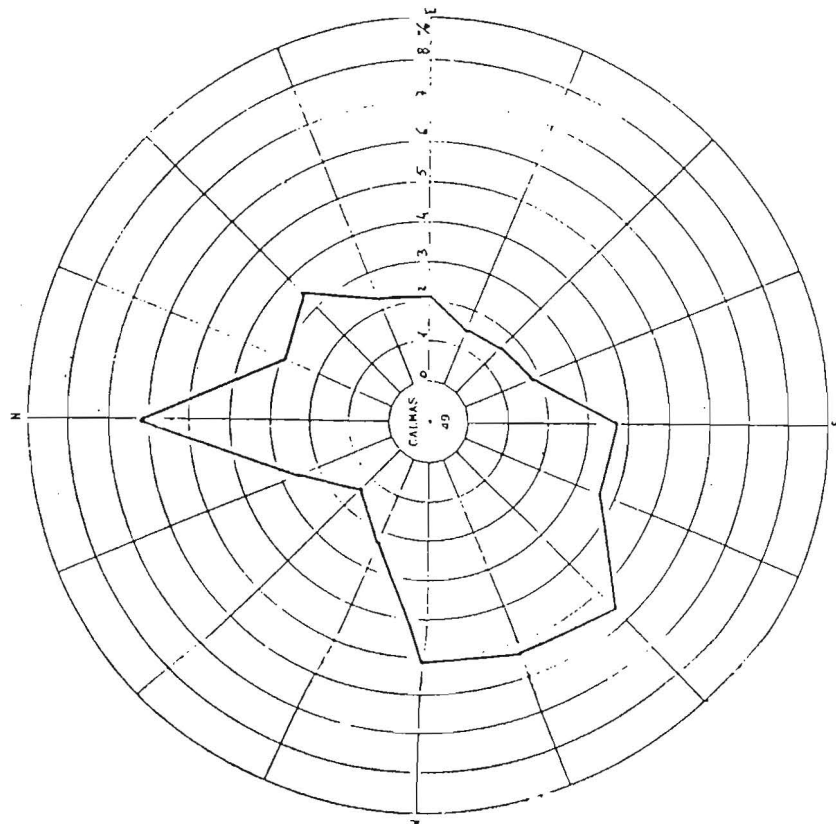


Figura 4.—Reosa anual de dirección y velocidad del viento en Madrid-Barajas, con los rumbos dominantes del N-NE y W-SW.

Se han efectuado varios modelos físico-matemáticos utilizando los ordenadores y probando resultados en túneles aerodinámicos. Tales son los de Pasquill, Slade, Wanta, Heck, Munn... con intención de vigilar la contaminación en una gran ciudad.

Consideraciones sanitarias

La suciedad del aire influye en la salud humana. Hay brumas tóxicas que producen conjuntivitis, ataques de asma, enfermedades respiratorias crónicas, etc. Algo parecido a como en locales cerrados puede afectarlos la gran concentración de los fumadores que contaminan una habitación.

La bioclimatología tendría mucho que decir al respecto.

La contaminación por ruido es otro de los flagelos de las grandes ciudades: sirenas de ambulancias, policía, bomberos, alarmas automáticas... nos someten a una dura «contaminación de decibelios». Es curioso que los vecinos próximos a un gran Hospital, en cuyas inmediaciones se ruega silencio, no puedan dormir, por el ajetreo de ambulancias que acuden a los servicios de urgencia, con las sirenas a toda potencia...

La instalación de quemaderos de basuras de la gran ciudad tiene que contar con el apoyo meteorológico. Tanto en la fase de emplazamiento (climatólogía) como en la fase de explotación (táctica de empleo).

La agresividad del aire poluto produce su impacto en el tejido pulmonar que pierde elasticidad y ventilación y se sensibiliza al ataque de virus, partículas sólidas y gérmenes. Afecta con mayor incidencia la salud infantil.

Los monumentos y edificios padecen «el mal de piedra» al ser corroídos por ácidos y agentes erosivos. Especialmente polvo abrasivo impulsado por el viento.

Los árboles de la ciudad en calles y jardines sufren también la agresión ambiental de fluoruros, dióxido de azufre, monóxido de carbono, óxido de nitrógeno, ozono troposférico, brumas fotoquímicas, etc. Se puede llegar a inhibir la formación de clorofila con necrosis en las hojas.

En fin, no debiéramos perder el respeto a la Naturaleza y cuidar de contaminar lo menos posible el aire que respiramos. Es una cuestión de ética y de estética para con nuestra salud, nuestros árboles y nuestras ciudades. Algunos pesimistas han ampliado el refranero y comentan:

«Consuelo del ciudadano, es quejarse siempre en vano»...

Así va el tiempo

En los últimos meses el muestrario atmosférico está resultando muy variado y contrastado.

Entre el 11 de noviembre de 1989 y el 5 de enero de 1990, hubo un largo periodo de lluvias por debajo del paralelo 40° N, que afectaron al Centro, Sur y Levante de España. Esas lluvias han dejado a rebosar las embalses y han provocado las inundaciones y desbordamiento de muchos ríos. Por el contrario, por encima del paralelo 40° N, es de destacar que continuó la sequía que se venía arrastrando desde finales de primavera, con lo que Asturias, Cantabria, País Vasco y zonas de las cuencas altas del Duero y del Ebro, continúan sin ver las nubes, con los pastos y bosques marchitos y con restricciones de agua para usos y servicios.

En lo que va transcurrido del año 1990, del 5 al 24 de enero nos viene dejando bajo control un potente anticiclón con tiempo estable, nieblas en los valles, heladas en las mesetas y contaminación en la gran ciudad.

Por lo que a Madrid respecta, la ventilación asociada al paso de los vientos que traían los frentes nubosos y la lluvia ha sido muy beneficiosa en este húmedo otoño de 1989. Los perio-

dos anticiclónicos fueron escasos y aislados, con falta de nieblas y heladas.

Ello ha resultado doblemente beneficioso por dos motivos:

a) Se han recogido grandes reservas de agua en los embalses de abastecimiento de Madrid.

b) Hubo escasas situaciones de calma anticlónica con sus correspondientes «inversiones térmicas»; lo que alejó el peligro de aire quieto y contaminado.

Resumen

Después de cuanto llevamos dicho podemos resumir lo siguiente: La atmósfera puede actuar a favor de la contaminación: calma e inversiones y en contra de la polución: Vientos, lluvias y turbulencia de barrido. El hombre también puede actuar a favor: industrias, tráfico, calefacción o tratar de restringir la contaminación: uso de otros combustibles limpios, filtros en calderas y chimeneas, instalación de industria lejos de la gran ciudad...

El progreso trae bienestar —qué duda cabe— pero también tiene sus servidumbres. Y un factor adverso es la contaminación.

El meteorólogo puede predecir los periodos de calma y de inversión térmica; pero él no puede prevenir la contaminación.

Con «alarmas atmosféricas» con muy alta contaminación y régimen de nieblas las autoridades

se verían forzadas a restringir al mínimo la circulación de automóviles y el encendido de calefacciones. Ahí tenemos muy cercano el ejemplo de Milán (día 21 de enero 1990) que tuvo que cancelar la circulación de automóviles de nueve de la mañana a siete de la tarde.

Madrid no debiera crecer más. Está prácticamente viviendo al día, por encima de sus posibilidades, en cuanto a crecimiento del parque automovilístico, abastecimiento de agua, tráfico en sus calles, etc.

Por lo que respecta al problema del agua, hemos de decir que Madrid ha estado hasta el presente bien abastecido por la buena planificación de embalses que se hizo para aprovechar los ríos de la zona Norte (Jarama, Henares, Lozoya, Manzanares...). Su gran capacidad de embalses asegura el abastecimiento frente a las adversas contingencias de sequía que pudieran durar de doce a dieciocho meses. Como emergencia podría recurrir al agua almacenada en los acuíferos subterráneos en el subsuelo de areniscas, sobre el que se asienta Madrid.

Ahora tenemos por delante el reto de *planificar* el porvenir y sacar adelante los problemas del *presente*. Ello requiere experiencia, medios y entusiasmo.

La *imprevisión* del futuro traería luego la *improvisación*. Ambos medios de proceder, por desgracia, constituyen una falta y una virtud muy españolas.

Nada más. Y muchas gracias.